

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>A61C 8/00, 13/00, A61K 6/06</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/30654</b> <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 28. August 1997 (28.08.97)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP97/00871 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 23. Februar 1997 (23.02.97)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 482/96                      22. Februar 1996 (22.02.96)      CH 1471/96                     12. Juni 1996 (12.06.96)              CH  <b>(71)(72) Anmelder und Erfinder:</b> WOHLWEND, Arnold [CH/CH]; Gartenstrasse 5, CH-8903 Birmensdorf (CH).  <b>(74) Anwalt:</b> KAMINSKI, Susanne; Patentbüro Büchel & Partner AG, Letzanaweg 25, FL-9495 Triesen (LI).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> AU, CA, DE (Gebrauchsmuster), JP, NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
<b>(54) Title:</b> IMPLANTABLE TOOTH REPLACEMENT, ABUTMENT THEREFOR AND PROCESS FOR MAKING ABUTMENTS <b>(54) Bezeichnung:</b> IMPLANTIERBARER ZAHNERSATZ, ABUTMENT DAFÜR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON ABUTMENTS  <b>(57) Abstract</b> <p>An implantable tooth replacement consists of an implant (27) which can be secured in a jawbone, an abutment (9) made of a ceramic material which can be secured to the implant (27) by a securing screw (29), a tooth prosthesis, e.g. a crown or bridge, and a securing means for fixing said abutment to said tooth prosthesis. The ceramic material has a fracture toughness <math>K_{IC}</math> of at least 6 MPa.m<sup>1/2</sup> and a flexural strength of at least 700 or 800 MPa and consists at least to the extent of 90 wt.% of zirconium oxide.</p> <b>(57) Zusammenfassung</b> <p>Ein implantierbarer Zahnersatz besteht aus einem in einem Kieferknochen befestigbaren Implantat (27), einem aus einem keramischen Werkstoff bestehenden Abutment (9), das über eine Befestigungsschraube (29) mit dem Implantat (27) verbindbar ist, einer zahnprothetischen Rekonstruktion, wie Zahnkrone oder Zahnbrücke, und einem Befestigungsmittel zum Verbinden des besagten Abutments mit besagter zahnprothetischer Rekonstruktion. Der keramische Werkstoff weist eine Bruchzähigkeit <math>K_{IC}</math> von wenigstens 6 MPa.m<sup>1/2</sup> und eine Biegefestigkeit von wenigstens 700 MPa bzw. 800 MPa auf und besteht gegebenenfalls zumindest zu 90 Gew.-% aus Zirkonoxid.</p>		

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LJ	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LX	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

IMPLANTIERBARER ZAHNERSATZ, ABUTMENT DAFÜR UND VERFAHREN ZUR  
HERSTELLUNG VON ABUTMENTS

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen implantierbaren  
Zahnersatz nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, ein Abutment  
für ein derartiges Implantatsystem, sowie Verfahren zur Her-  
stellung eines Abutments.
- 10 Heute verwendete Zahnersatz-Systeme, im folgenden als Implan-  
tatsysteme bezeichnet, bestehen im wesentlichen aus zwei Teil-  
len: dem Implantat selbst, welches chirurgisch in den Ober-  
oder Unterkiefer unter das Zahnfleisch eingebracht, insbe-  
sondere eingeschraubt, wird, dort während 3-6 Monaten belas-  
15 sen wird, um eine Einheilung zu erreichen (Osseointegration);  
und dem sogenannten Abutment, welches die sogenannte Implan-  
tat-Schulter mit der auf dem Abutment befestigten, künstli-  
chen Zahnkrone verbindet. Nach der Einheilphase des Implan-  
tates wird das Zahnfleisch chirurgisch geöffnet, um das Abut-  
20 ment auf das Implantat aufzuschrauben. Anschliessend wird die  
Krone auf dem Abutment entweder durch Verschraubung oder Kle-  
bung befestigt. Am häufigsten werden heute sowohl Implantate  
als auch Abutments aus Titan verwendet, wobei sich aus Grün-  
den der Biokompatibilität und der möglichen Osseointegration  
25 Titan jedenfalls als Implantatwerkstoff durchgesetzt hat. Die  
dunkle Farbe des Titanimplantats wird - da das Implantat von  
opaken Knochen umgeben ist - nicht als störend empfunden,  
ganz im Gegensatz zu der eines Abutments aus Titan. Es resul-  
tiert daraus eine Verfärbung der Gingiva (Zahnfleisch), so  
30 dass ein farbliches Angleichen zum Restzahnbestand erschwert  
wird, auch weist der Implantatkopf im allgemeinen einen zum  
natürlichen Zahn unterschiedlichen Durchmesser auf.

Die Implantat-Schulter und die zu imitierende Zahnwurzel auf  
35 dem Niveau ihres gingivalen Durchtrittes besitzen in Dimen-  
sion und Form unterschiedliche Querschnitte. Wird beispiels-  
weise ein fehlender, oberer, zentraler Schneidezahn durch ein  
Einzelzahnimplantat ersetzt, so muss die kreisrunde, einen

Durchmesser von ca. vier Millimeter aufweisende Implantat-  
schulter in eine eher dreieckige, grössere Querschnittsform  
an der gingivalen Durchtrittsstelle überführt werden.

- 5 Um diesen Schwierigkeiten wenigstens teilweise zu begegnen,  
sind verschiedene Lösungen vorgeschlagen worden. So werden  
beispielweise vorgefertigte Titanabutments so angeordnet, dass  
Titanteile ausreichend weit unterhalb der Gingiva plaziert  
werden können. Allerdings wird dadurch das definitive Zemen-  
10 tieren in der Klinik erschwert, weil dann die Kronenränder  
aufgrund des arkadenförmigen Gingivaverlaufes insbesondere an  
den approximalen Flächen massiv subgingival (unter dem Zahn-  
fleisch) zu liegen kommen, und Zementüberschüsse unter Um-  
ständen nur mittels einer Aufklappung des Zahnfleisches si-  
15 cher entfernt werden können.

Ein anderer Lösungsansatz ist das Beschleifen eines konven-  
tionellen Abutments aus Reintitan, wobei der Zahntechniker  
das Titanabutment individuell umpräpariert, so dass die Prä-  
20 parationsgrenze dem arkadenförmigen Gingivaverlauf angegli-  
chen wird. Dadurch lässt sich ein gleichmässig subgingivaler  
Kronenrandverlauf von zirka 1.0 bis 1.5 mm Tiefe erreichen,  
was die spätere Zementrestentfernung, nach definitiver Zemen-  
tierung der Krone, bedeutend erleichtert. Ein Kronengerüst  
25 aus einer hochgoldhaltigen Legierung wird diesem individuali-  
sierten Titanabutment übergossen und anschliessend mit Kera-  
mik verblendet. Dieses Vorgehen erleichtert die definitive  
Zementierung, aber es setzt die korrekte Implantatposition  
voraus, da notwendige Korrekturen zum Erreichen einer optima-  
30 len gingivalen Ästhetik nur begrenzt möglich sind. Im Falle  
einer dünnen Gingiva besteht allerdings die Gefahr eines me-  
tallischen Durchschimmerns.

Unter "korrekter Implantatposition" ist eine Positionierung  
35 des Implantats am Ort einer Zahnwurzel zu verstehen. Das Im-  
plantat "inkorrekt" zu positionieren, wird sich dann anbieten  
bzw. zu bevorzugen sein, wenn beispielsweise die Knochensub-

stanz neben der zu imitierenden Zahnwurzel fester ist bzw. wenn dort mehr Platz verfügbar ist.

Eine weitere Möglichkeit ist durch die Verwendung von Abutments gegeben, die aus Aluminiumoxid bestehen. So wird beispielsweise in der US-A-5,125,839 die Verwendung einer dicht gesinterten, hochreinen Aluminiumoxid-Keramik (über 99.5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) beschrieben. Es wird hier somit das Material Reintitan durch Keramik ersetzt, wobei im Falle einer dünnen Gingiva die Gefahr eines metallischen Durchschimmerns nicht mehr besteht.

Derartige Aluminiumoxid-Abutments werden im allgemeinen so hergestellt, dass Aluminiumoxid-Pulver unter Druck in Form gepresst und somit kompaktiert wird. Porositäten in der kompaktierten Masse sind dabei unumgänglich, auch sind - aufgrund der resultierenden Sprödigkeit der kompaktierten Masse - Mindest- und auch Maximalwandstärken unerlässlich, um die Stabilität des im wesentlichen hohlzylinderförmigen Abutments zu gewährleisten. Inkorrekt gesetzte Implantate allerdings erfordern eine asymmetrische Wanddickenform des Abutments zum Ausgleich der in bezug auf die zu imitierende Zahnwurzel dezentrierten Lage des Implantats. Abutments aus Aluminiumoxid werden daher nur für wenige, optimal gesetzte Implantate gebraucht werden können. Auch ist nicht sichergestellt, ob Abutments aus Aluminiumoxid den erheblichen, beim Beissen und Kauen auftretenden Kräften dauerhaft standhalten können.

Das Abutment wird über die Befestigungsschraube an dem im Kieferknochen implantierten - insbesondere eingeschraubten - Implantat befestigt, wobei im allgemeinen im Abutment ein Innensechskant- oder Innenachtkantöffnung vorgesehen ist, damit beim Anziehen der Befestigungsschraube ein Gegenhalt gegeben ist. Dazu wird ein Hohlstift mit entsprechender Aussensechskant- bzw. Aussenachtkantform in diese Öffnung eingesteckt, wobei der Hohlstift den Schraubenzieher aufnimmt. Während des Festziehens der Befestigungsschraube (Krafteinwirkung von über 30 N) dient dieser Hohlstift als Rotationssperre, so dass das

Implantat beim Anschrauben des Abutments nicht aus dem Knochen bewegt wird. Diese Innensechsz- bzw. -achtkantöffnung mit ihrem über den zur Einführung des Schraubenziehers hinausgehenden, notwendigen Innendurchmesser bedingt, dass der Aus-  
5 sendurchmesser des Abutments grösser vorzusehen ist, um eine ausreichende, die Stabilität gewährleistende Minimalwandstärke zu erreichen.

Da Aluminiumoxid röntgentransluzent ist, wird die Überprüfung  
10 der Passung im Munde des Patienten erschwert. Aluminiumoxid ist - wie alle keramischen Werkstoffe - schwer zu beschleifen, wodurch die gerade bei inkorrekt positionierter nötige Nachbearbeitung erschwert wird.

15 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, oben aufgeführte, dem Stand der Technik anhaftende Probleme zu überwinden, was durch ein Implantatsystem ermöglicht wird, bei dem die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 verwirklicht sind bzw. durch ein Abutment mit den kennzeichnenden Merkmalen des An-  
20 spruches 6, sowie durch Verfahren zur Herstellung eines Abutments für ein derartiges Implantatsystem, bei dem die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 8, 16 oder 18 verwirklicht sind.

25 Weitere vorteilhafte bzw. alternative Ausbildungen sind in den kennzeichnenden Merkmalen der abhängigen Ansprüche beschrieben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Zeichnungen rein  
30 beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

Fig.1 einen Aufriss eines Implantatsystems mit Krone im Kiefer;

Fig.2 ein Abutment für korrekt gesetzte Implantate in  
35 Grund- und Aufriss;

Fig.3 einen Aufriss eines vorgefertigten Abutments zur Aufnahme einer Krone;

Fig.4a, 4b und 4c verschiedene Abutmentformen;

- Fig.5a und 5b Darstellungen von Implantaten und dazu passenden Abutments mit speziell gestalteten Kontaktflächen;
- Fig.6a-6f eine schematische Darstellung eines möglichen Herstellungsverfahrens für ein erfindungsgemässes Abutment;
- Fig.7 eine Abutment mit angesetzter Klemmvorrichtung;
- Fig.8 über eine Schiene an einem natürlichen Zahn fixierte Abutments;
- Fig.9 eine Fräsmaschine beim Erstellen der Aussenform eines Abutments;
- Fig.10 ein Beispiel für eine automatische Herstellung eines Abutments in einer Kopierfräsmaschine;
- Fig.11 eine schematische Darstellung einer computerunterstützten Herstellung eines Abutments;
- Fig.12 einen Aufriss eines Arbeitsstumpfes und eines vorge-sinterten Abutments mit Innenring;
- Fig.13 ein vorgefertigtes Abutment mit vorgefertigtem, aufgesetztem Kronenteil;
- Fig.14 eine vorgefertigte Kunststoffhülse zur Erstellung eines Kunststoff-Modellabutments und
- Fig.15a bis 15d eine schematische Darstellung einer computerunterstützten Herstellung von Abutmentaussenformen.

In Fig.1 ist ein Implantatsystem dargestellt, wobei ein - gegebenenfalls aus Titan - gefertigtes Implantat 27 in einem Kieferknochen 26 eingebracht - gegebenenfalls eingeschraubt - ist. Ein Abutment 9 ist über eine Befestigungsschraube 29, die durch eine im Abutment vorgesehene Öffnung 30 in die mit einem Innengewinde versehene Schrauböffnung 31 im Implantat 27 eingeschraubt ist, mit dem Implantat 27 verbunden. Das Abutment 9 sitzt auf einer oberen Rastfläche des Implantats 27, der sogenannten Implantat-Schulter 32. Das Abutment 9 ist im wesentlichen hohlzylindrisch geformt, wobei ein stegartiger Vorsprung 33 im Inneren der Öffnung 30 als Anschlag für den Kopf der Befestigungsschraube 29 dient. Das Abutment 9 ist im der Implantat-Schulter 32 angrenzenden Bereich trich-

terförmig zugeschliffen, wodurch sowohl Implantatfehlstellungen auskorrigiert als auch der Übergang von der runden Querschnittsform zur eher dreieckigen des natürlichen Zahnes geformt werden kann. Entsprechend der evaluierten Kronenform ist das Abutment 9 an Bukkal- und Inzisalseite präpariert, die Krone 11 ist darauf aufgesetzt.

Um den Langzeiterfolg einer implantatgetragenen Kronen- oder Brückenrekonstruktion sicherzustellen, bedarf es - wie bereits einleitend dargestellt - eines Keramikabutments mit möglichst hohen Festigkeits- und Zähigkeitswerten. Partiiell mit Yttriumoxid stabilisiertes Zirkonium (tetragonal stabilisiertes Zirkonoxid) besitzt für einen keramischen Werkstoff nicht nur einen hohen Biegefestigkeitswert zwischen 900 und 1300 Pa und einen niedrigen Young'schen E-Modul von ca. 200 kPa, sondern auch noch, was insbesondere bedeutungsvoll ist, einen hohen Zähigkeitswert mit einer Bruchzähigkeit von ca. 9-10 MPa·m<sup>1/2</sup>. Der hohe Wert der Bruchzähigkeit lässt sich mit der Fähigkeit des tetragonal (TZP) bzw. teilweise (PSZ) stabilisierten Zirkonoxids erklären, welches fehlerhafte, oberflächliche Defekte durch eine volumensvergrößernde Phasentransformation in Spannungsbereichen (z.B. Riss-Spitzen) selbst reparieren kann. Dabei wird die metastabile tetragonale Phase des Zirkonoxids in die thermodynamisch stabile monokline Phase umgewandelt. Dieser Effekt kann durch die Verwendung eines hochreinen Zirkonoxidpulvers bewirkt werden, dem Erdalkalioxide, wie MgO und CaO, und/oder Seltene Erdoxide, wie Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, zugemischt werden, die eine Stabilisierung der tetragonalen bzw. kubischen Phase bei Raumtemperatur ermöglichen.

Damit übertrifft das Zirkonoxid bei weitem die für die mechanische Belastbarkeit ausschlaggebenden Kennzahlen des hochreinen, dicht gesinterten Aluminiumoxids, das eine Biegefestigkeit im Bereich von 500-600 Pa, und eine mit 3-4.5 MPa/m<sup>1/2</sup> nur halb so grosse Bruchzähigkeit erreicht.



Die für die Zirkonoxidkeramik exzellenten physikalischen Eigenschaften gestatten eine individuelle Beschleifbarkeit des Abutments ohne Rücksicht auf Mindestmasse, was die Anfertigung von ästhetisch hochwertigen Rekonstruktionen auf Einzelzahnimplantaten erlaubt. Die klinische Anfertigung wird erleichtert, indem die Abutments im zahntechnischen Labor beschliffen werden.

Anstelle der oben beschriebenen Zirkonoxidkeramik können auch andere biokompatible Keramiken oder Legierungen zum Einsatz kommen, deren Biegefestigkeitswerte über 700 MPa und deren Bruchzähigkeit wenigstens  $6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  beträgt. So können Legierungen von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{ZrO}_2$  verwendet werden, wobei beispielsweise bei einem Anteil von 15 Vol%  $\text{ZrO}_2$  Festigkeitswerte von 1000 MPa erreichbar sind. Auch  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder TiC oder Fiber-verstärkte Keramiken, wie SiC-Fiber, SiC-Whisker,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -SiC-Fiber können vorgesehen werden. Die hier aufgeführten Materialien sind rein beispielhaft, wesentlich sind die diesen Materialien eignenden physikalischen Eigenschaften, die durch die oben aufgeführten Untergrenzen gegeben sind. Es versteht sich, dass Materialien mit höheren Bruchfestigkeits- bzw. Bruchzähigkeitswerten die Widerstandsfähigkeit und damit die Lebensdauer des Implantatsystems in positiver Weise beeinflussen, was aber auf der anderen Seite deren Einsatz aufgrund der schwierigen Bearbeitbarkeit gegebenenfalls - und gerade hier war bis jetzt die Grenze gesetzt - problematisch macht.

Im Rahmen der Erfindung soll im folgenden unter "Oxidkeramik" bzw. "Zirkonoxid" eine beliebige, die obigen Eigenschaften aufweisende Keramik bzw. Keramikkombination mit den geforderten physikalischen Eigenschaften verstanden werden.

Es ist zwar die schlechte Beschleifbarkeit von Oxidkeramiken als Nachteil anzusehen, wenn die Präparation von Keramikdistanzhülsen direkt im Mund des Patienten erfolgt, da dies sowohl für den Patienten als auch für den Zahnarzt ausserordentlich mühsam ist. Die Behandlungszeit für die Präparation

eines Oxidkeramikabutments benötigt die 2-3-fache Zeit im Vergleich zur Präparation eines natürlichen Zahns. Allerdings kann im Labor z.B. durch die Anwendung diamantgesinterter Scheiben für die Grobpräparation schnell und exakt präpariert werden. Auch kann die schlechte Beschleifbarkeit des  $ZrO_2$ -Abutments durch die Anwendung eines zwischengesinterten Abutmenttyps (s.dazu weiter unten) völlig kompensiert werden. Solch Abutments können auch im Labor vom Zahntechniker auf ideale Weise bearbeitet werden. Wird beispielsweise ein Abdruck der relativen Implantatposition direkt nach dem Setzen des Implantates genommen, bleibt während der Einheilphase der Implantate ausreichend Zeit, diese  $ZrO_2$ -Abutments im Labor zu präparieren und fertig zu sintern, so dass bei der Abutmentverschraubung (Aufschrauben des Abutments auf das Implantat) eine individuelle und deshalb optimale provisorische Versorgung sofort auf den Fixturen oder den  $ZrO_2$ -Abutments befestigt werden kann.

Als vorteilhaft erweist es sich, die auf dem Abutment 9 befestigte Krone 11 nicht mit einem heute gebräuchlichen Komposit-, Glasionomer- oder Phosphatzement, sondern mit einem über die gesamte Lebensdauer elastischen Bindemittel zu befestigen. Die bekanntermassen verwendeten Zemente sind starr und übertragen die grossen Kräfte, welche beim Beissen auf die Kaufläche auftreten, direkt auf das Keramikabutment 9 und über das Implantat 27 auf den Kieferknochen 26. Bei den natürlichen Zähnen befindet sich zwischen dem Knochen und dem Zahn eine Pufferzone (Desmodont), die in den meisten Fällen eine Zahnabsplitterung verhindert. Zwar ist die Verwendung eines Teflonringes zwischen Implantat und Abutment bekannt geworden, doch kann dies zu einem Lösen der Verschraubung zwischen dem Abutment und dem Implantat führen. Um den Erfolg des Implantatsystems zu gewährleisten, ist das Vorsehen einer solchen Pufferzone zwischen dem Implantat und der Krone- oder Brückenversorgung von Vorteil. Erfindungsgemäss wird dazu die Fuge 28 als elastische Zwischenschicht ausgebildet. Der harte Komposit-, Glasionomer- oder Phosphatzement wird beispielsweise durch einen Zement auf Silikon- oder Komposit-

basis ersetzt, wobei diese weichbleibende Kunststofffüller an-  
stelle von Glasfüllern beinhalten. Auch Zemente auf Komposit-  
basis mit elastischen polymeren Materialien als Zusätze oder  
mit reversiblen thermoplastischen Bestandteilen sind dafür  
5 geeignet. Ein solcher Zement ist elastisch und dämpft  
Schläge, welche sonst den Bruch des Abutments und damit den  
Verlust des Implantatsystems bewirken können. Anstelle eines  
derartigen elastischen Zements bzw. gegebenenfalls auch zu-  
sätzlich dazu kann die Oberfläche des präparierten Abutments  
10 mit einem Kunststoffmantel überdeckt werden, der als dämp-  
fende Zwischenschicht zwischen Abutment und Kronenteil wirk-  
sam wird. Die Fuge 28 dient als Pufferzone. Das Vorsehen ei-  
ner solchen, als Pufferzone wirkenden Fuge, die beispielswei-  
se einen derartigen Zement aufweist und/oder eine das Abut-  
15 ment abdeckende Kunststoffschicht umfasst, erweist sich nicht  
nur für das erfindungsgemäße Implantatsystem als vorteil-  
haft.

Zirkonoxid-Abutments bieten sich aufgrund ihrer ausgezeichne-  
20 ten physikalischen Eigenschaften auch bei komplexen Implan-  
tatsituationen an, da Probleme weder bei extrem dünnen, weni-  
ge Zehntelmillimeter messenden noch bei dicken Seitenwänden  
zu erwarten sind und Frakturen oder Abschilferungen weder bei  
der zahntechnischen Bearbeitung noch bei der Fixierung des  
25 Abutments auf dem Implantat auftreten.

Um jede Implantatsituation abdecken zu können, auch bei in-  
korrekt gesetzten Implantaten, und trotz der erschwerten Be-  
schleifbarkeit von Oxidkeramikabutments, werden dem Zahntech-  
30 niker verschiedene, bereits vorgefertigte Abutmenformen zur  
Verfügung gestellt (Fig.2, 3, 4a, 4b und 4c), die die  
Schleifarbeit auf ein Minimum reduzieren und es ermöglichen,  
jede Implantatsituation auf rationelle Weise zu lösen. Durch  
eine korrekt betriebene Diagnostik wird die richtige Auswahl  
35 der entsprechenden Abutmentform vereinfacht. Abutmentformen,  
wie in Fig.2 und 3 dargestellt, sind indiziert, falls das Im-  
plantat korrekt gesetzt ist und nur minimalste Präparationen  
notwendig sind. Je nach Bedarf kann dazu ein grob vorgeform-

tes Abutment 9a mit abgefrästen Seitenflächen 5 oder ein komplexeren Raumverhältnissen, d.h. grösseren und breiteren Zahnzwischenräumen, angepasstes Abutment 9b verwendet werden. Abutmentformen 9c, 9d und 9f, wie in Fig.4a, 4b und 4c

5 dargestellt, können angewandt werden, wenn das Implantat nicht korrekt gesetzt ist. Es sind ästhetische Schleifkorrekturen möglich, denn nicht nur der Abutmentkörper, dessen Seitenwände wesentlich dicker ausgebildet sind, als beispielsweise bei den Abutments der Fig.2 und 3, sondern auch der

10 Abutmenthals kann in beliebiger Form nach Bedarf modifiziert und nachpräpariert werden. Diese Abutmentform ist auch für die Indikation im Molarenbereich entwickelt worden. Gerade anhand der Fig.4c wird dies deutlich, wobei der linke Teil der Fig.4c eine asymmetrische Grundform für ein Abutment 9f

15 darstellt, bei der - um die inkorrekte, dezentrierte Positionierung des Implantats 27 auszugleichen - gleichzeitig eine besonders grosse und auch eine besonders kleine Wandstärke realisiert ist. Damit wird es - wie der rechte Teil der Fig.4c zeigt - möglich, die zahnprothetische Rekonstruktion

20 11 trotzdem korrekt zu platzieren.

Um den Vorgang des Nachschleifens und Nachpräparierens des Abutments aus Zirkonoxid zu erleichtern, werden zwischengesinterte und/oder im "grünen" Stadium befindliche Abutment-

25 formen, ähnlich den in Fig.4a und 4b dargestellten, zur Verfügung gestellt, die erst nach der klinischen Einprobe zum hochwertigen Zirkoniummaterial nachgesintert werden. Für die direkte Verblendung des Abutments ist diese Form ebenfalls vorteilhaft, weil dadurch die Möglichkeit einer korrekten

30 Keramikunterstützung gegeben ist.

Somit lässt sich dem Problem der erschwerten Bearbeitbarkeit von Zirkonoxid mit dem Konzept der extraoralen Präparation unter Verwendung von Diamantschleifern und/oder der Auswahl

35 bereits vorgefertigter, fertiggebrannter oder zwischengesinteter Abutmentformen begegnen.

- Die Verwendung von Zirkonoxid erlaubt erstmals eine Formgebung für Abutments, wie sie bis jetzt nur aus Metallen wie Titan, nicht aber aus spröder, wenig belastbarer  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Keramik herstellbar waren. So zeigt Fig.5a beispielhaft eine Implantat 27a-Abutment 9e-Kombination, wobei das Abutment 9e einen scharfkantigen Abschluss an der Kontaktfläche zum Implantat 27a aufweist. Würde ein derartiges Abutment aus Aluminiumoxid geformt sein, so müsste - selbst unter der Voraussetzung, dass dieses vorgesintert und in einer Arbeitsspackung nachgesintert wurde (wie weiter unten noch ausführlicher beschrieben) - aufgrund der relativ geringen Bruchzähigkeit von Aluminiumoxid mit einem ungünstigen Bruchverhalten gerechnet werden.
- Fig.5b zeigt eine spezielle Formgebung der Kontaktfläche eines Abutments 9g. Dabei sind an dieser Kontaktfläche Vorsprünge 44 vorgesehen, die bei Anziehen der Befestigungsschraube 29 gegen die Implantat-Schulter 32 gedrückt werden und - da das Material des Implantats, beispielsweise Titan, weicher ist als das Material des erfindungsgemässen Abutments 9g - in diese eingreifen. Dadurch wird eine ausgezeichnete Dichtung Abutment-Implantat erzielt. Bakterienfluss aufgrund von Undichtigkeiten wird unterbunden, der anderenfalls zu Entzündungen führen könnte und den Erfolg des Implantatsystems in Frage stellen würde. Diese Vorsprünge 44 können beispielsweise ringförmig ausgebildet und um die Öffnung 30 konzentrisch angeordnet sein, mit leicht abgerundeten Kanten, solcherart eine Art von Labyrinth-Dichtung darstellend.
- Aufgrund der unterschiedlichen Formen der Keramikabutments kann verschiedenen Forderungen entsprochen werden. So kann die Konturgebung korrekt an natürliche Zähne angeglichen werden, womit eine bukkale Gingivarezession vermieden werden kann. Die Querschnittssituation von Zahnwurzel und Zahnhalsbereich an der gingivalen Durchtrittsstelle kann korrekt gestaltet werden. Eine inkorrekte Implantatposition oder -längsachse kann verbessert werden. Die subgingivale Präpara-

tionsgrenze kann unter Beachtung des arkadenförmigen Gingiva-verlaufes im Approximalbereich einwandfrei gestaltet werden.

Anhand der Figuren 6a bis 6f wird eine Möglichkeit der Herstellung eines Zirkonoxid-Abutments rein schematisch beschrieben: Zirkonoxidpulver kann nicht, wie bei der Herstellung von Aluminiumoxidkeramik, direkt in eine Form gepresst werden, da dies, wie bereits einleitend dargestellt, äusserst hohe Drucke bedingen würde. Ausserdem wäre auf diese Weise hergestelltes Zirkonoxid nicht biokompatibel. Zirkonoxidpulver bzw. -späne werden isostatisch auf einen Dorn (nicht dargestellt) gepresst, sodass eine vergrösserte Rohrform 34 entsteht (Fig.6a). Die Vergrösserung ergibt sich daraus, dass beim nachfolgenden Sintervorgang das Material um einen bestimmten Betrag schrumpft. Diese Rohrform 34 wird im sogenannten "grünen", d.h.nicht gesinterten, Zustand auf die gewünschte Länge gekürzt und zweiseitig, in etwa keilförmig, zugeschrägt (Fig.6b). Danach wird an der dem Implantat zugewandten Seite eine Vertiefung 35 geformt (Fig.6c), die mit einem Spezialinstrument 41 (Fig.6d) - vorzugsweise mit einem Ultraschallgerät - zu einem Innensechskant (auch andere Eingriffsformen sind möglich) geformt wird, der mit einem entsprechenden Aussensechskant 36 an der Implantat-Schulter (s.Fig.1 und 5) in Eingriff kommt und die Relativstellung des Abutments auf dem Implantat festlegt. Ein solches Spezialinstrument 41 ist aus Fig.6d zu erkennen, das an einem stabförmigen, zur Ausrichtung in der Öffnung 30' vorgesehenen Teil 41a einen kranzförmigen Vorsprung 41b in Form eines Aussensechskants trägt. Wird nun dieses Gerät in longitudinale Ultraschallschwingungen versetzt, während es innerhalb der Öffnung 30' der Rohrform 34 gehalten ist, so wird, da der keramische Werkstoff in diesem Stadium leicht bearbeitbar ist, eine präzise Innensechskantform erzeugt. Mit einem Spiralbohrer wird die Öffnung 30' von oben her verbreitert, wobei gleichzeitig der stegartige Vorsprung 33 erhalten wird (Fig.6e).

Aus einem Zirkonoxidkeramik-Pressling (nicht dargestellt), der beispielsweise bei Raumtemperatur bei ca 2000 bar kompaktiert wurde, werden Späne, beispielsweise von einer Länge von 2/10 mm, abtragend herausgefräst. Auch Pulvermaterial mit 5 Korngrößen zwischen beispielsweise 30 bis 500  $\mu\text{m}$  kann gebraucht werden.

Die entsprechend den oben anhand der Fig.6a bis 6e beschriebenen Arbeitsschritten erhaltene, vergrößerte Abutmentform 10 9' und die Späne werden nun vorgesintert, für Zirkonoxidkeramik bei ca 1180°C. Gegebenenfalls können Abutmentform 9' und Späne auch aus einem bereits vorgesinterten Pressling herausgearbeitet werden.

15 Die Bearbeitung der Keramik im sogenannten Grünstadium, d.h. im nicht vorgesinterten Zustand, ebenso wie die Bearbeitung im halbgesinterten (vorgesintertem) Zustand, hat gegenüber den Methoden, die die gewünschten Formen direkt aus dem fertiggesintertem Arbeitsblock fräsend erstellen, den Vorteil, 20 daß bei der Bearbeitung der Keramik weniger Mikrorisse in die Oberfläche inkorporiert werden und daß der naturgemäß hohe Werkzeugverschleiss, der bei der Bearbeitung der hochfesten Materialien gegeben ist, herabgesetzt wird.

25 Danach werden die Späne mit Wasser zu einem dicken Brei gemischt und in und um die Abutmentform 9' gebettet (die sogenannte Arbeitspackung 36). Das den Spänen bzw. den Pulverkörnern zugesetzte Wasser kann unterschiedliche Beimengungen enthalten, so wird beispielsweise durch Beigabe von ca 1% 30 Essigsäure die Handhabung des Breis erleichtert, es ergibt sich ein thixotropische Verhalten. Durch Beimischung von Alkoholen beispielsweise wird die Standfestigkeit bzw. die Kompaktheit des Gemisches erhöht. Art und Menge der Beimischungen werden also je nach gewünschter bzw. erforderlicher Eigenschaft 35 vorzusehen sein. Eine dünne Lackschicht von 10 bis 50  $\mu$ , auf die Innen- und Aussenseite der Abutmentform 9' aufgetragen, schliesst die Poren der Oberfläche und dient als Trennmittel zur Arbeitspackung 36. Beim nachfolgenden Nach-

sintern, das für Zirkonoxid bei einer Temperatur von ca 1500°C vorgenommen wird, und bei dem Abutmentform 9' und Arbeitspackung 36 im gleichen, definierten Masse schrumpfen, verbrennt der Lack rückstandslos, wobei sich ein minimaler  
5 Spalt zwischen Abutmentform 9' und Arbeitspackung 36 ergibt, so dass sich letztere bequem aus der Abutmentform 9' entfernen, bzw. - insbesondere auch aufgrund der porösen Konsistenz - ausstrahlen läßt. Der Sintervorgang kann gerade anhand einer solchen Arbeitspackung 36 gut kontrolliert werden, da die  
10 Änderung der Aussenmasse eine direkte Kontrolle des Schrumpfungsprozesses erlauben.

In Fig.7 ist die Vorgangsweise beim Fixieren des Abutments 9 auf dem Implantat dargestellt. Bei dem erfindungsgemässen  
15 Zirkonoxidkeramikabutment kann auf das Anbringen eines Innen-sechskantes als Rotationssperre verzichtet werden. Um beim Fixieren des Abutments 9 ein Bewegen des Implantats im Knochen beim Eindrehen der Befestigungsschraube 29, die durch die Öffnung 30 im Abutment 9 (Fig.1) gesteckt wird, zu unter-  
20 binden, wird das dazu aufzubringende Gegendrehmoment hier beispielsweise über eine Klemmvorrichtung 3 (beispielsweise eine Arterienklemme) aufgebaut. Diese Klemmvorrichtung 3 fasst das Abutment 9 an zwei gegenüberliegenden Aussenflächen und hält dieses während des Eindrehens der Befestigungs-  
25 schraube 29 fest. Die verwendete Zirkonoxidkeramik ist stabil genug um diesen Kräften widerstehen zu können, was für Aluminiumoxidkeramikabutments im allgemeinen allerdings nicht zutreffen wird. Auf diese Weise ist es möglich, die zentrale Öffnung 30 des Abutments auf ein Minimum zu verkleinern, da  
30 nur noch der Platz für Schraubenkopf und Schraubenzieher benötigt wird. Die dadurch gewonnene Wandstärke steht der freien Präparation des Abutments zur Verfügung, bzw. kann der Gesamtdurchmesser eines Abutments herabgesetzt werden.

35 Fig.8 zeigt eine andere Möglichkeit, das beim Fixieren von Abutments nötige Gegendrehmoment aufzubauen. Dazu kann eine Schiene 7 vorgesehen werden, die ein Abutment 9 mit einem natürlichen Zahn 8 verbindet, bzw. auch mehrere Abutments 9 un-



tereinander oder in Kombination mit natürlichen Zähnen verbindet. Diese als Rotationssperre dienende Schiene 7 wird auf den natürlichen Zahn 8 und das oder die zu fixierende(n) Abutment(s) 9 provisorisch zementiert, wobei jeweils eine occlusale Öffnung 10 für die Aufnahme des Schraubenziehers vorgesehen ist.

Fig.9 zeigt eine Möglichkeit, die zahnprothetischen Rekonstruktions-Arbeiten noch rationeller zu gestalten, indem die Cad-Cam Technologie in das Arbeitsprozedere miteinbezogen wird. Dazu werden eine oder mehrere im Computer gespeicherte Innenformen von vorgefertigten zahnprothetischen Rekonstruktionen, wie beispielsweise Kronen- oder Brückenelemente, mit einer computerunterstützten Fräsmaschine auf die Aussenflächen von auf einem Implantat-Modell befestigten Abutments 9, übertragen. Dadurch ist stets eine gleichmässige Aussenform der Abutments gewährleistet, und vorgefertigte Kronenteile 11 (Fig.1) können ohne weitere Anpassung verwendet werden, da die jeweilige Innenfläche exakt auf die entsprechende Abutmentoberfläche passt. Diese aus Kunststoff oder Keramik bestehenden Kronenteile 11 können noch korrigierend beschliffen und farblich den Nachbarzähnen angepasst werden.

Die Cad-Cam Technologie kann weiters in den Arbeitsablauf miteinbezogen werden, um eine Abutmentform aus Kunststoff zu kopieren. Dies bedeutet, dass zunächst die Vorpräparation eines Kunststoffabutments im Mund oder auf dem Modell durchgeführt wird. Dazu können beispielsweise vorgefertigte Kunststoffhülsen 50, wie in Fig.14 dargestellt, im Mund bzw. auf dem Modell durch Auftragen von selbsthärtendem Kunststoff zur gewünschten Abutmentaussenform geformt werden. Um bei diesem Vorgang ein Verdrehen der Kunststoffhülse 50 zu vermeiden, kann die Kunststoffhülse 50 innenseitig mit einer entsprechenden Kontaktfläche, beispielsweise einer eingearbeiteten Metallauflage 50a, versehen sein. Anschliessend wird dieses Modell mittels eines Kopierfrässystems, mit einem dem jeweiligen Sinterprozess angepassten, notwendigen Vergrösserungsfaktor auf das im vorgesinterten Zustand befindliche Kera-

mikabutment übertragen, das nach dem Beschleifen fertig gesintert wird. Gerade dafür eignen sich die zwischengesinterten und unterschiedlichen Formen des  $ZrO_2$  Abutments hervorragend.

5

Die Vergrößerung des Abutments kann beispielsweise, wie in Fig.10 und 11 dargestellt, auf verschiedene Weisen erfolgen:

In Fig.10 ist eine automatische, mechanische Herstellungsmöglichkeit von Abutments dargestellt. Dabei wird ein Kunststoffmodell 13 eines Abutments und ein Keramikabutmentrohling 14 mit Spannschrauben 15 auf den Halterungen 16 eines Kopierfrässystems aufgespannt und über ein Verbindungsstück 17 in der gegenseitigen Lage fixiert. Dabei kann das Zirkonoxid-  
15 Abutment im fertig- oder im zwischengesinterten Zustand kopiert werden. Wenn das Abutment im zwischengesinterten Zustand beschliffen werden soll, muss eine Vergrößerung 18 mit vorgesehen werden. Durch die Verwendung einer Diamantscheibe 19 oder anderer, entsprechend abrasiver Schleifinstrumente  
20 und durch reichliche Wasserkühlung beim Beschleifen des Abutments ist es durchaus möglich, auch eine fertiggesinterte Oxidkeramik in adäquater Zeit - und dann ohne Vergrößerung - zu beschleifen. Der Vorschubmotor 20 bewegt die Halterung mit dem eingespannten Abutment relativ langsam mit ca. 20  
25 Umdrehungen pro Minute. Zwischen dem Vorschubmotor 20 und der Halterung 16 mit dem eingespannten Kunststoffmodell 13 eines Abutments befindet sich ein Schraubengewinde 21, welches die Halterungen mit den Abutments langsam nach vorne bewegt. Im Gegensatz zum Vorschubmotor 20 muss der Antriebsmotor 22 für  
30 die Diamantscheibe 19 eine hohe Drehzahl aufweisen, wie es beispielsweise bei Luftturbinen gewährleistet ist. Über eine mit Kugellager geführte Welle 23 wird die mechanische Abtastvorrichtung 24 über die Oberfläche des Kunststoffmodells 13 geführt und auf der Gegenseite wird das  
35 Abutment aus dem Keramikrohling 14 entsprechend herausgeschliffen.

Fig.11 zeigt eine computerunterstützte Variante, bei der das Abtasten des Kunststoffabutments 13 und das Herausfräsen des Keramikabutments in aufeinanderfolgenden Schritten durchgeführt wird. Die Abtastvorrichtung 12 kann beispielsweise eine Laseroptik oder auch eine mechanischen Tastsonde umfassen. Die gemessenen Daten werden gespeichert (durch 37 schematisch dargestellt). Das Keramikabutment wird, nach Auswechseln der Abtastvorrichtung 12 durch ein Bohraggregat 38, und Auswechseln des Kunststoffmodells 13 gegen einen Keramikblock 39, bzw. gegen ein vor-oder fertiggesintertes Abutment, aus letzterem computergesteuert herausgefräst.

Die Fig.15a bis 15d zeigen eine weitere Möglichkeit, die Abutmentform computerunterstützt zu modellieren. Die Aussenform der Zähne, die - wie oben beschrieben - in Wachs oder Kunststoff als Modell erstellt wurden, wird - entsprechend dem anhand der Fig. 11 beschriebenen Vorgang - aufgenommen, gespeichert und softwaremässig aufbereitet, so dass auf dem Bildschirm eine verkleinerte Form 51 der solcherart abgetasteten Aussenform 51a erstellt werden kann und diese in Form von Daten verfügbar wird. Auch andere, vorgegebene, in der Speicherbibliothek gegebenenfalls vorhandene Abutmentausformen können dazu herangezogen werden. Diese Daten bilden dann die Grundlage zur Bearbeitung der auf einem Arbeitsmodell auf Implantatanalogen aufgetragenen, ungeschliffenen Abutmentrohformen 52 unterschiedlichen Durchmessers, wobei - falls es sich um vorgesinterte Abutments handelt - der entsprechende Schrumpfungsfaktor zu beachten ist. Fig.15c zeigt die bereits beschliffenen Abutments 53, der Abschleiß ist punktiert angedeutet. Danach kann dann zur Erstellung der Kronen bzw. der brückenprothetischen Rekonstruktion (Fig.15d) die Zahnaussenform 54 - den gespeicherten Daten entsprechend - und die Zahninnenform 54a den Daten der Abutmentausform entsprechend passend modelliert werden.

Fig.12 zeigt ein vorgesintertes oder auch im Grünstadium befindliches Abutment 9' mit einem Arbeitsstumpf 40, der einem

Implantat entsprechende, obere Kontaktflächen aufweist. Da auch die je nach Implantattyp unterschiedlichen Innenabmessungen des Abutments die notwendige Vergrösserung aufweisen müssen, um die beim nachfolgenden Sinterungsprozess gegebene Schumpfung kompensieren zu können, wird die vergrösserte, untere Öffnung durch Einsatz eines Zwischenstücks 24, vorteilhaft aus Kunststoff versehen. Für den Sintervorgang wird nun dieses vergrösserte Abutment 9' auf den Arbeitsstumpf 40 gesetzt, der seinerseits während der Wärmebehandlung keinerlei wesentlichen Grössenänderung unterworfen wird, das Abutment 9' wird auf die gewünschte Grösse schrumpfen, das Zwischenstück 24 verbrennt dabei widerstandsfrei.

Fig.13 zeigt ein vorgefertigtes Abutment 9 aus Zirkonoxid mit einem vorgefertigten Kronenteil 11' aus Kunststoff oder Keramik, der zur Kronenform zugeschliffen und farblich den Nachbarzähnen angepasst wird. Diese Abutments eignen sich bei einer korrekten Implantatsituation auch für eine definitive Versorgung. Aber auch als provisorische Versorgung bei der sogenannten Abutmentconnection (Aufschneiden des Zahnfleisches und Festschrauben des Abutments) eignet sich diese Implantat-Kronenkombination hervorragend, weil der Patient mit einer optimalen Lückenversorgung mit optimalen Materialien am gleichen Tag versorgt werden kann.

Im folgenden soll eine mögliche Vorgehensweise zur Herstellung einer implantatgetragenen Brücke oder Krone beschrieben werden:

Eine präzise Abformung der Implantatposition ist Voraussetzung für den einwandfreien Sitz der Suprakonstruktion im Mund. Die Herstellung einer Zahnfleischmaske auf dem Modell ist unumgänglich, damit die gingivalen Anteile des Abutments korrekt gestaltet werden können. Anschliessend erfolgt im zahntechnischen Labor die Präparation des Zirkonoxidabutments entsprechend einer der oben dargestellten Methoden. Das Abutment wird der Gingiva angepasst. Im Labor erfolgt eine Grobpräparation unter Wasserkühlung, welche in der Praxis zusam-

men mit der Full Wax-Up Einprobe korrigiert werden kann. Für die Grobpräparation werden Diamantscheiben und für die Feinpräparation grobkörnige, konisch geformte Diamantschleifer verwendet. Durch das Delegieren der Abutmentpräparation an  
5 das zahntechnische Labor wird nicht nur wertvolle klinische Stuhlzeit gespart, sondern der Zahntechniker genießt auf seinem Arbeitsmodell auch eine bessere Übersicht für das individuelle Beschleifen des Abutments, um eine optimale gingivale Ästhetik zu erreichen. Dem Zahnarzt obliegt dann nur  
10 noch die ästhetische Feinkorrektur am zervikalen Abutmentteil, wenn nicht ohnehin eine der vorgängig beschriebenen Methoden (Cad-Cam, Kopierfräsen) verwendet wird um die Form zu erhalten.

15 Eine separate Einprobe des Full Wax-Up mit dem Abutment ist notwendig, weil damit die Abutmenthöhe, zervikale Begrenzung, korrekte Lage der Austrittsstelle und die Ästhetik überprüft werden können. Gegebenenfalls ist eine Korrektur des Abutments im Munde des Patienten durch ein Nachpräparieren sinn-  
20 voll. Nur im Munde des Patienten ist es möglich, im Zusammenhang mit den Weichteilen die definitive Form des Abutments zu bestimmen.

Sinnvollerweise geschieht die Versorgung mit Vollkeramik-  
25 kronen.

Für das Zementierprozedere der Kronen oder Brücken auf das Abutment wird dieses je nach Zementierkonzept entweder durch Silikatisieren oder durch Sandstrahlen der Abutmentoberfläche  
30 vorbereitet. Anschliessend wird das Abutment mittels einer Schraube unter einem Drehmoment von 31 Ncm fixiert, der Goldschraubenkopf mit Guttapercha verschlossen, die Abutmentoberfläche gereinigt, getrocknet und silanisiert, und die Krone oder Brücke für die weiteren Zementierungsschritte vorberei-  
35 tet.

Das Abutment weist eine gute Verträglichkeit mit den gängigen Porzellansystemen aus. Es ist zu beachten, dass der Wärmeaus-

dehnungskoeffizient der Keramikverblendmasse auf die entsprechende Basiskeramik abgestimmt ist. Zirkonoxid besitzt einen Wärmeausdehnungskoeffizient von  $9.5-10.5 (10^{-6} \cdot ^\circ K^{-1})$ . In der Regel gilt, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient der Verblend-  
5 keramik ca. um den Faktor  $1 \times 10^{-6} \cdot ^\circ K^{-1}$  kleiner sein sollte als der des Abutmentmaterials. In speziellen Fällen ist es durchaus denkbar, jedes Abutment direkt zu verblenden, wodurch eine verschraubbare, bedingt abnehmbare Rekonstruktion entsteht.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Implantierbarer Zahnersatz, bestehend aus einem in einem Kieferknochen befestigbaren Implantat (27), einem aus einem keramischen Werkstoff bestehendem Abutment (9), das über eine Befestigungsschraube (29) mit dem Implantat (27) verbindbar ist, einer zahnprothetischen Rekonstruktion, wie Zahnkrone oder Zahnbrücke, und einem Befestigungsmittel zum Verbinden des besagten Abutments mit besagter zahnprothetischen Rekonstruktion dadurch gekennzeichnet, dass der besagte keramische Werkstoff eine Bruchzähigkeit  $K_{IC}$  von wenigstens  $6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  und eine Biegefestigkeit von wenigstens 700 MPa bzw. 800 MPa aufweist.
2. Zahnersatz gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der keramische Werkstoff im wesentlichen, das heisst zumindest zu 90 Gew.%, aus Zirkonoxid besteht.
3. Zahnersatz gemäss Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der keramische Werkstoff zwischen 0 bis 10 Gew.% eines Seltenen Erdoxides und/oder eines Erdalkalioxides enthält.
4. Zahnersatz gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Seltenes Erdoxid Yttriumoxid, bzw. als Erdalkalioxide Kalzium- und/oder Magnesiumoxid vorgesehen sind.
5. Zahnersatz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zahnprothetische Rekonstruktion, wie beispielsweise eine Krone (11), mit dem Abutment (9) über einen das Abutment (9) überdeckenden Kunststoffmantel und/oder über ein elastisches Befestigungsmittel, insbesondere einen Zement auf Silikonbasis bzw. auf Kompositbasis, verbunden ist.
6. Abutment für einen Zahnersatz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der be-

sagte keramische Werkstoff eine Bruchzähigkeit  $K_{IC}$  von wenigstens  $6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  und eine Biegefestigkeit von wenigstens 700 MPa bzw. wenigstens 800 MPa aufweist und vorzugsweise im wesentlichen, das heisst zumindest zu

5 90Gew.%, aus Zirkonoxid besteht, wobei insbesondere zwischen 0 bis 10 Gew.% eines Seltenen Erdoxides und/oder eines Erdalkalioxides enthalten sind und gegebenenfalls als Seltenes Erdoxid Yttriumoxid bzw. als Erdalkalioxide Kalzium- und/oder Magnesiumoxid vorgesehen sind.

10

7. Abutment nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die als Kontaktfläche (43) des Abutments (9) mit einer entsprechenden, am Implantat (27) vorgesehenen Fläche - der Implantatschulter (32) - ausgebildete Gegenfläche,

15 vorzugsweise konzentrisch angeordnete ringförmige, Vorsprünge (44) zum Eingriff in die Implantatschulter (32) aufweist.

8. Verfahren zur Herstellung eines aus einem keramischen

20 Werkstoff bestehenden Abutments für einen Zahnersatz nach einem der Ansprüche 1 bis 4 bzw. für ein Abutment (9) nach Anspruch 6 oder 7, wobei eine bestimmte, durch die vorgegebenen Implantatsituation und/oder das Implantat (27) vorbestimmte, dreidimensionale Kontur des Abutments

25 (9) bestimmt wird, wonach in einem Schritt, der als Vorbehandlung bezeichnet wird, eine um einen durch die bei einer Nachbehandlung - insbesondere beim Sintern - eintretende Schrumpfung des keramischen Werkstoffs vorgegebenen Vergrößerungsfaktor vergrößerte, dreidimensionale

30 Abutmentform (9') erzeugt wird, welche Abutmentform (9') der Nachbehandlung unterworfen wird, wobei eine Schrumpfung auf ein dem herzustellenden Abutment (9) entsprechendes Maß erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß

- eine um den vorgegebenen Vergrößerungsfaktor vergrößerte und der dreidimensionalen Aussen- und gegebenenfalls

35 auch Innenkontur der Abutmentform (9') entsprechende Arbeitsschulter (36) aus einem Material erzeugt wird,



das in etwa den gleichen Schrumpfungsfaktor wie der keramische Werkstoff aufweist,

- die Arbeitspackung (36) zur Nachbehandlung wenigstens von außen um die Abutmentform (9'), diese insbesondere vollständig umhüllend, gepackt wird, wodurch die Abutmentform (9') während der Nachbehandlung stabilisiert wird, und
- die Arbeitspackung (36) nach erfolgter Nachbehandlung von der Abutmentform (9') getrennt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Material für das keramische Abutment (9) und gegebenenfalls auch als Material für die Arbeitspackung (36) Zirkonoxid verwendet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorbehandlung ein Kompaktieren auf das Grünstadium des keramischen Werkstoffs und/oder eine Vorsinterung, insbesondere bei einer Temperatur zwischen 1000 und 1300°C, umfaßt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Material für die Arbeitspackung (36) aus kompaktierter und/oder - insbesondere bei einer Temperatur zwischen 1000 und 1300°C - vorgesinterter Oxidkeramik besteht.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das kompaktierte und/oder vorgesinterter Material für die Arbeitspackung (36) in Pulver- bzw. Spanform gebracht wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Einbringen der Abutmentform (9') in die Arbeitspackung (36) die Abutmentform (9') an ihrer Außenseite, gegebenenfalls auch auf ihrer Innenseite, mit einer dünnen Schicht eines Trennmittels belegt wird, wobei gegebenenfalls die Arbeitspackung (36) - nach

Einbringen der Abutmentform (9') in dieselbe - in Blockform gebracht wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachbehandlung eine Nachsinterung bei einer dem keramischen Werkstoff entsprechenden Sinter-  
5       temperatur - für Zirkonoxid bei ca 1500°C - umfaßt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, wobei die  
10       Vorbehandlung folgende Schritte aufweist:
- der keramische Werkstoff wird im grünen Zustand isostatisch unter Druck in Form gepresst, wobei eine mit einer durchgehenden Öffnung (30')versehene Rohrform (34), ein sogenannter Grünling, entsteht;
  - 15       - die Rohrform (34) wird einenends zweiseitig abgeschragt;
  - die durchgehende Öffnung (30') wird im Bereich der Abschragung so bearbeitet, dass eine zylindrische Erweiterung entsteht;
  - 20       - die Erweiterung wird so bearbeitet, insbesondere mit Hilfe von Ultraschall, dass eine die Positionierung des Abutments (9) auf dem Implantat (27) fixierende Form, insbesondere eine Innensechskantform (35), entsteht;
  - 25       - in der durchgehenden Öffnung (30') wird ein Widerpart, insbesondere ein stegartiger Vorsprung (33) für die Befestigungsschraube (29)eingearbeitet;
- dergestalt eine der Nachbehandlung zu unterwerfende Abutmentform (9') erhaltend.
- 30   16. Verfahren zur Herstellung eines aus einem keramischen Werkstoff bestehenden Abutments für einen Zahnersatz nach einem der Ansprüche 1 bis 4 bzw. für ein Abutment (9) nach Anspruch 6 oder 7, wobei eine bestimmte, durch die vorgegebene Implantatsituation und/oder das Implantat  
35       (27) vorbestimmte, dreidimensionale Kontur des Abutments (9) bestimmt, danach ein Modell, insbesondere ein Kunststoffmodell (13), erstellt, welches gemeinsam mit einem Keramikrohling (14) auf Halterungen (16) eines Kopier-

- frässystems aufgespannt und - gegebenenfalls über ein Verbindungsstück (17) - in zu diesem lagefixiert wird, wobei einerseits eine erste Abtastvorrichtung (24) über die Oberfläche des Kunststoffmodells (13) geführt, und  
5 andererseits der Keramikrohling (14) entsprechend - insbesondere mittels einer Diamantscheibe (19) - beschliffen wird, wobei gegebenenfalls ein Vorschubmotor (20) die Halterungen (16) mit dem Kunststoffmodell (13) bzw. dem Keramikrohling (14) über ein Schraubengewinde (21) mit  
10 ca. 20 Umdrehungen pro Minute bewegt.
17. Verfahren nach Anspruch 16 als Vorbehandlung in einem der Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, wobei das Beschleifen des Keramikrohlings (14) mit dem durch  
15 die nachfolgende Behandlung bestimmten Vergrößerungsfaktor vorgenommen wird.
18. Verfahren zur Herstellung eines aus einem keramischen Werkstoff bestehenden Abutments für einen Zahnersatz nach  
20 einem der Ansprüche 1 bis 4 bzw. für ein Abutment (9) nach Anspruch 6 oder 7, wobei eine bestimmte, durch die vorgegebene Implantatsituation und/oder das Implantat (27) vorbestimmte, dreidimensionale Kontur des Abutments (9) bestimmt, danach ein Modell, insbesondere ein Kunststoffmodell (13), erstellt wird, dessen Form in einer -  
25 insbesondere computergesteuerten - Abtast- und gegebenenfalls Bearbeitungsvorrichtung über eine - gegebenenfalls abnehmbare - zweite Abtastvorrichtung (12) in Datenform eingelesen und gespeichert wird, worauf - gegebenenfalls  
30 nach Austausch des Modells gegen einen Keramikblock (39) bzw. eine Keramikabutmet-Grundform und der Abtastvorrichtung (12) gegen ein Bohraggregat (38) - eine entsprechende Form aus dem Keramikblock (39) bzw. aus der Keramikabutmet-Grundform herausgearbeitet wird.
- 35
19. Verfahren nach Anspruch 18 als Vorbehandlung in einem der Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, wobei das Herausarbeiten der Form aus dem Keramikblock (39) mit

dem durch die nachfolgende Behandlung bestimmten Vergrößerungsfaktor vorgenommen wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch  
5 gekennzeichnet, dass die erste bzw. die zweite Abtastvorrichtung (12, 24) eine mechanische Sonde ist.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch  
10 gekennzeichnet, dass die erste bzw. die zweite Abtastvorrichtung (12, 24) aus einer Laseroptik mit Auswerteeinheit besteht.

Fig. 1

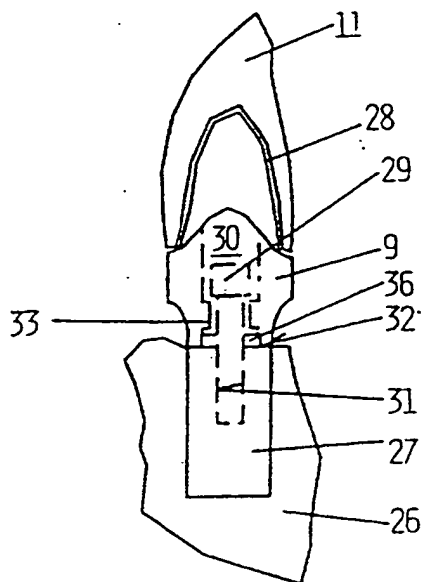


Fig. 2

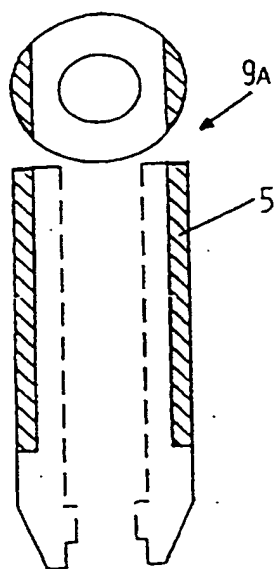


Fig. 3

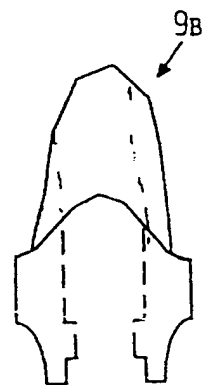


Fig. 4a

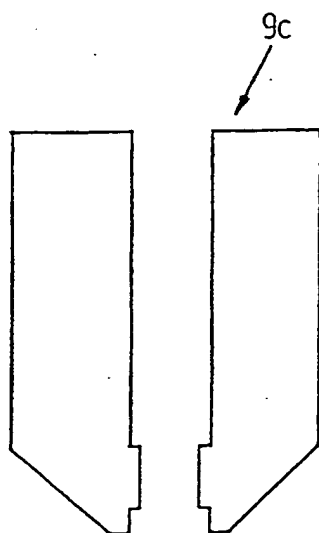


Fig. 4b

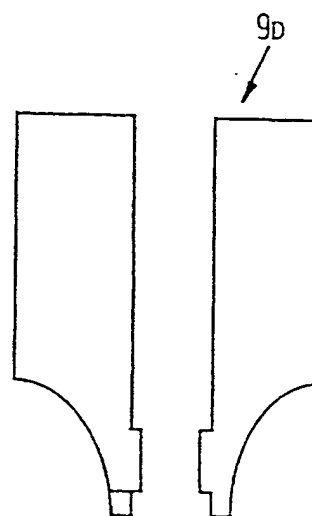


Fig. 4c

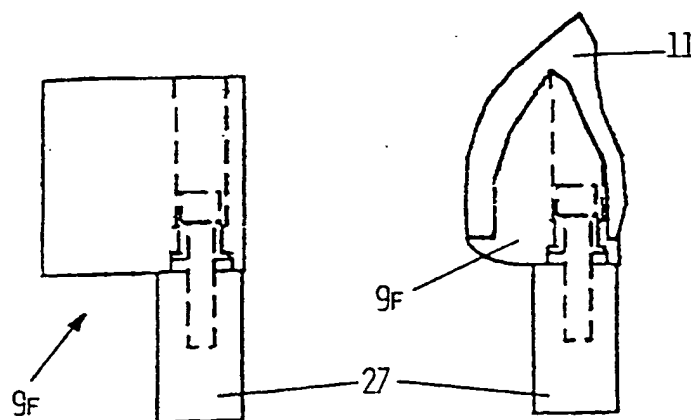


Fig. 5a

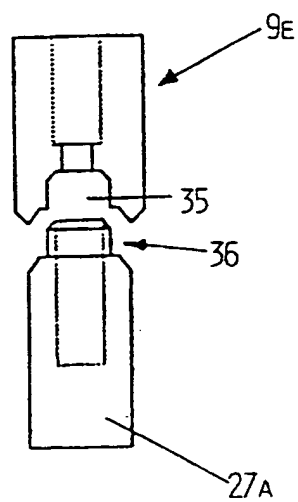


Fig. 5b

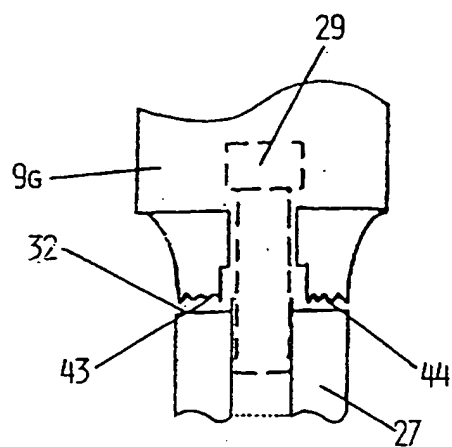


Fig. 6a

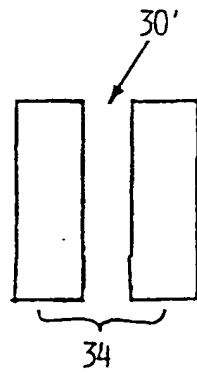


Fig. 6b

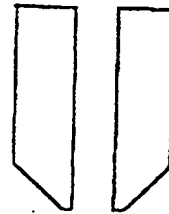


Fig. 6c

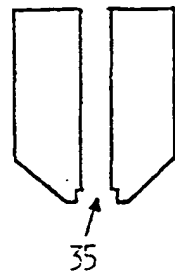


Fig. 6d

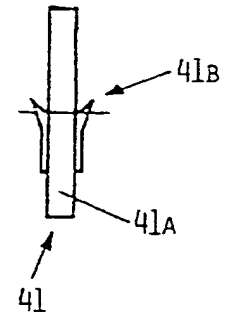


Fig. 6e

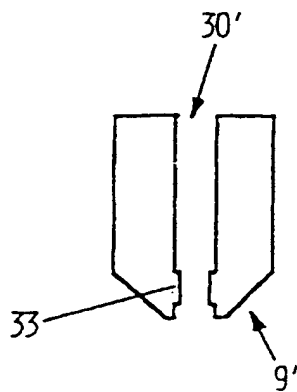


Fig. 6f

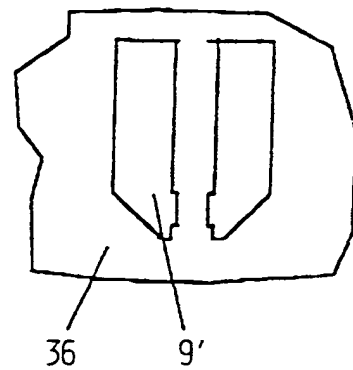




Fig. 7

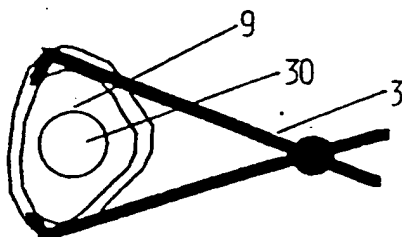


Fig. 8

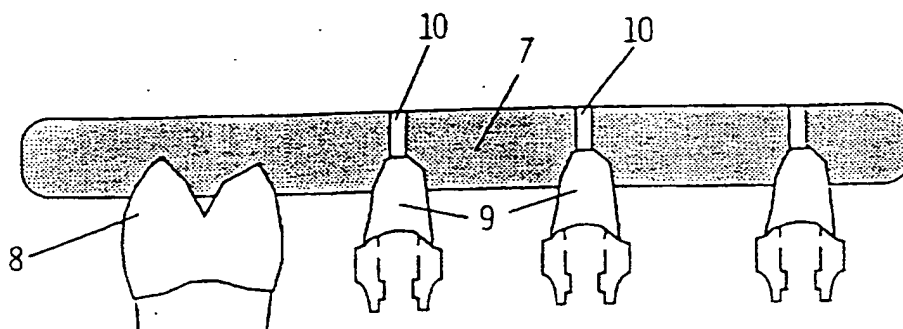


Fig. 9

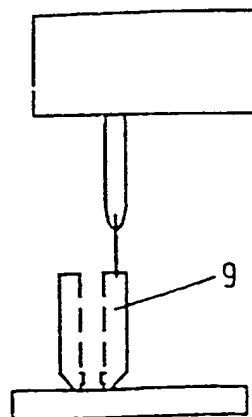


Fig. 10

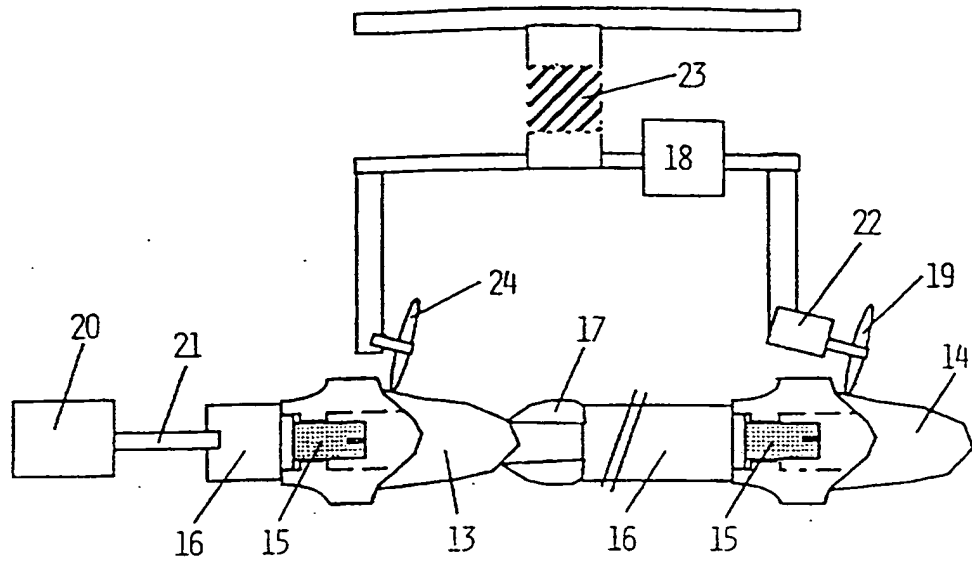


Fig. 11

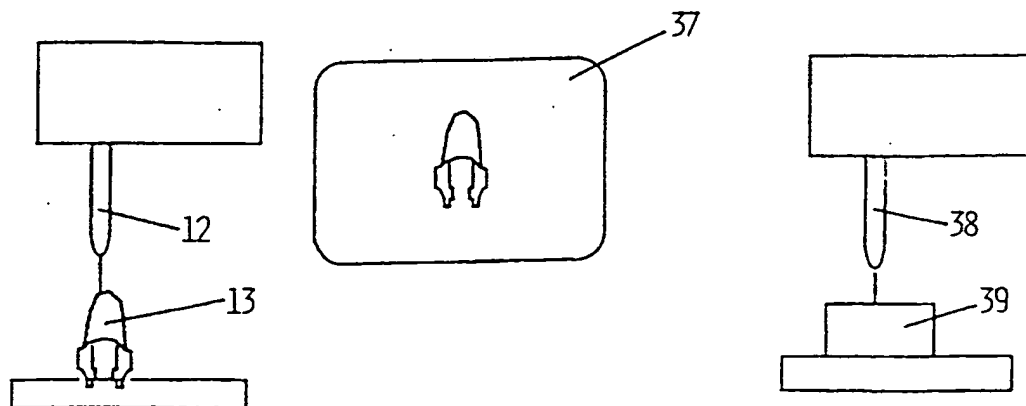


Fig. 12

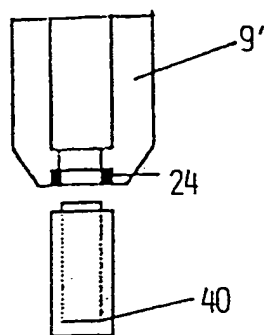


Fig. 13

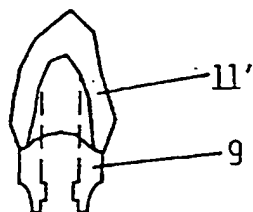


Fig. 15 a

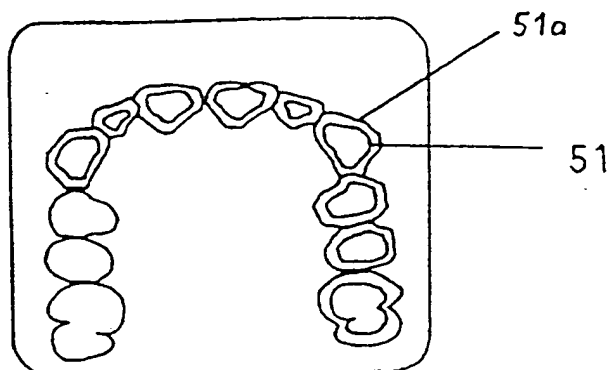


Fig. 14

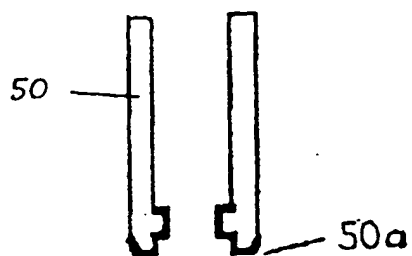


Fig. 15 b

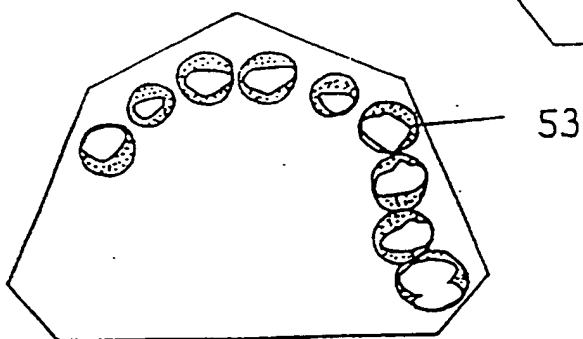
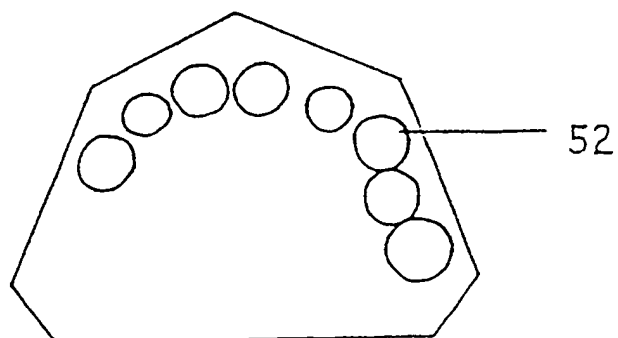


Fig. 15 c

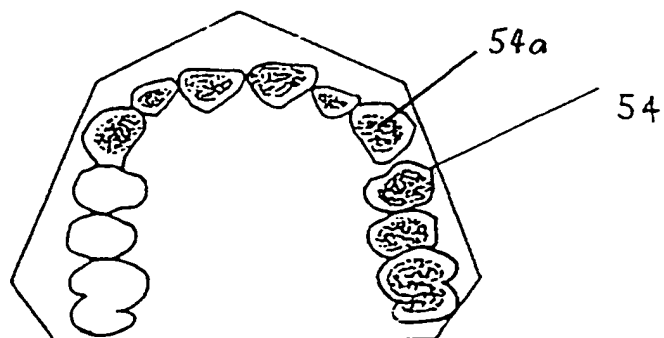


Fig. 15 d

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. No.  
PCT/EP 97/00871

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 A61C8/00 A61C13/00 A61K6/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 A61C A61K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 693 900 A (PROSIS) 28 January 1994 see the whole document ---	1,2,5,6
A	US 5 125 839 A (INGBER) 30 June 1992 cited in the application see the whole document ---	1,5,6
A	EP 0 373 734 A (IMZ) 20 June 1990 see claims 15,16 ---	1,2,6
A	EP 0 634 149 A (METOXIT) 18 January 1995 see claim 1 ---	1-4,8,10
A	EP 0 580 565 A (SANDVIK) 26 January 1994 see claim 1 ---	8,18
A	EP 0 389 461 A (SANDVIK) 26 September 1990 see the whole document -----	1-4,8,16

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 June 1997

Date of mailing of the international search report

11.07.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanrunxt, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Application No

PCT/EP 97/00871

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2693900 A	28-01-94	NONE	
US 5125839 A	30-06-92	CA 2052340 A DE 69119173 D DE 69119173 T EP 0477644 A JP 5131003 A US 5571016 A	29-03-92 05-06-96 29-08-96 01-04-92 28-05-93 05-11-96
EP 373734 A	20-06-90	DE 3841705 A AU 620480 B AU 4676589 A CA 2004451 A CN 1044220 A,B DE 58906946 D EG 19630 A ES 2049318 T IL 92561 A JP 1769391 C JP 2200258 A JP 4057344 B US 5052931 A	13-06-90 20-02-92 14-06-90 10-06-90 01-08-90 24-03-94 30-09-95 16-04-94 30-05-94 30-06-93 08-08-90 11-09-92 01-10-91
EP 634149 A	18-01-95	CH 687740 A US 5453227 A	14-02-97 26-09-95
EP 580565 A	26-01-94	SE 470346 B NO 932298 A SE 9201927 A US 5342201 A	31-01-94 27-12-93 24-12-93 30-08-94
EP 389461 A	26-09-90	SE 464908 B DE 69004306 D DE 69004306 T ES 2045890 T FI 97441 B NO 178052 B SE 8901049 A US 5565152 A US 5106303 A	01-07-91 09-12-93 03-03-94 16-01-94 13-09-96 09-10-95 24-09-90 15-10-96 21-04-92

Information on patent family members

PCT/EP 97/00871

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 389461 A		US 5217375 A	08-06-93